



FACULTAD DE CIENCIAS

GRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**BASES PARA LA GESTIÓN DEL ARBOLADO
VIEJO EN LOS ESPACIOS AJARDINADOS DEL
CAMPUS EXTERNO DE LA UAH**

Autor: Alejandra Traspaderne Larrea

Tutor/es: Salvador Rebollo, Rosendo Elvira,
Gabriel Moreno y Luisa María Díaz



FACULTAD DE CIENCIAS

-

GRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**BASES PARA LA GESTIÓN DEL ARBOLADO
VIEJO EN LOS ESPACIOS AJARDINADOS DEL
CAMPUS EXTERNO DE LA UAH**

Tribunal de calificación:

Presidente: _____

Vocal 1º: _____

Vocal 2º: _____

Calificación: _____

Fecha: _____

**AUTORIZACIÓN E INFORME PARA LA DEFENSA PÚBLICA DEL
TRABAJO DE FIN DE GRADO**

D. Salvador Rebollo de la Torre, profesor del Departamento de Ciencias de la Vida (UD de Ecología), D. Gabriel Moreno Horcajada, profesor del Departamento de Ciencias de la Vida (UD de Botánica), D^a Luisa María Díaz Aranda, profesora del Departamento de Ciencias de la Vida (UD de Zoología) de la UAH y D. Rosendo Elvira Palacio, director del Real Jardín Botánico Juan Carlos I de la UAH, como tutores del Trabajo de Fin de Grado en Ciencias Ambientales de D^a Alejandra Traspaderne Larrea titulado “Bases para la gestión del arbolado viejo en los espacios ajardinados del Campus Externo de la UAH”

INFORMA: Que ha sido realizado y redactado por la mencionada alumna bajo nuestra dirección y con esta fecha autorizamos a su presentación y defensa pública.

Alcalá de Henares, 21 de Junio de 2018

Fdo: Salvador Rebollo de la Torre

Fdo: Gabriel Moreno Horcajada

Fdo: Luisa María Díaz Aranda

Fdo: Rosendo Elvira Palacio

Resumen

La gestión del arbolado viejo en los espacios ajardinados es un reto porque debe hacer compatible la seguridad de los usuarios con la conservación de los valores naturales, escénicos, culturales, etc, de este arbolado maduro. Las posibilidades de gestión dependerán del tipo de jardín. En los jardines periurbanos, que tienen un carácter más seminatural, de transición hacia sistemas más naturales, las posibilidades de gestión del arbolado viejo posiblemente sean mayores.

El objetivo de este TFG es estudiar los árboles viejos de un jardín periurbano y sentar las bases para el establecimiento de un Plan de Gestión específico para estos árboles viejos.

Hemos estudiado los espacios ajardinados del Campus Externo de la Universidad de Alcalá, una superficie continua de 65 ha. Hemos geolocalizado y estudiado las características físicas de los árboles, su estado de salud, la avifauna nidificante y la comunidad de hongos asociados a los árboles viejos. Con esta información se ha creado una base de datos (Excel) y una cartografía (fichero Google Earth) digitalizada que servirá de base para estudios posteriores.

Hemos identificado 519 árboles determinados como viejos, pertenecientes a un grupo variado de especies. En conjunto, estos árboles viejos están muy dañados y situados, en ocasiones, en lugares que suponen un riesgo para las personas, vehículos o edificios. 191 árboles viejos (el 37%) presentaron señales de uso como lugares de nidificación y otras actividades por las aves y 71 árboles (13,7%) presentaron hongos de tres especies.

La abundancia de árboles viejos, el riesgo que representan para la seguridad y los valores naturales asociados a los árboles aconsejan realizar un Plan de Gestión del arbolado viejo en los espacios ajardinados del Campus Externo de la UAH. En este TFG se hace una propuesta preliminar de dicho Plan de Gestión y se aportan ideas para futuros estudios que completen la información para un Plan de Gestión más definitivo.

Palabras clave: árbol viejo, arbolado viejo, espacio periurbano, Plan de Gestión, riesgo, servicios ecosistémicos.

Abstract

The management of the old woodland in landscaped spaces is a challenge because it must secure the safety of users compatible with the conservation of the natural values, scenic, cultural, etc., of this mature tree. The possibilities of management will depend on the type of garden. In the peri-urban gardens, which have a more semi-natural nature, of transition to more natural systems, the possibilities of managing the old trees are likely to be greater.

The objective of this TFG is to study the old trees in a peri-urban garden, and form the foundations for the creation of a specific Management Plan for these old trees.

We have studied the landscaped spaces of the External Campus of the University of Alcalá, a continuous area of 65 ha. We have geolocated and studied the physical characteristics of the trees, their health condition, the nesting bird life and the community of fungi associated with old trees. With this information we have created a database (Excel) and a cartography (Google Earth file) digitized that will serve as the foundation for future studies.

We have identified 519 trees determined as old, from a varied group of species. In general, these old trees are very damaged and they are located, sometimes, in places that guess a risk to people, vehicles or buildings. 191 old trees (37%) had signs of use as places of nidification and other activities by birds, and 71 trees (13,7%) presented fungi of three species.

The abundance of old trees, the risk that they represent for the safety and the natural values associated with the trees suggest to realize a Management Plan of the old trees in the landscaped spaces of the External Campus of the UAH. In this TFG, we do a preliminar approach of that Management Plan and contribute ideas for future studies that complete the information for a more definitive Management Plan.

Keywords: old trees, old woodland, peri-urban garden, Management Plan, risk, ecosystem services.

Índice

1. Introducción: la necesidad de gestionar el arbolado viejo	1
1.1. Objetivo general y objetivos específicos	3
2. Material y métodos	4
2.1. Área de estudio	4
2.2. Localización de los árboles viejos	5
2.3. Caracterización de los árboles viejos	6
2.4. Avifauna y hongos asociados:	8
3. Resultados	10
3.1. Localización y caracterización del arbolado viejo	10
3.2. Avifauna y hongos asociados	15
4. Discusión: Bases para la gestión del arbolado viejo del Campus Externo de la UAH	19
4.1. Diagnóstico	19
4.2. Propuesta de zonificación, manejo y seguimiento	20
4.3. Propuesta de estudios futuros para mejorar el Plan de Gestión	23
5. Conclusiones	24
6. Agradecimientos	25
7. Bibliografía	26
8. Anexos	28

1. Introducción: la necesidad de gestionar el arbolado viejo

Los espacios ajardinados son lugares de uso recreativo en los que priman los aspectos que favorezcan dicho uso, por ejemplo, el valor del paisaje y la imagen al espectador, junto con su seguridad. Es por ello que, cuando un árbol envejece y se deteriora, enferma o muere, normalmente las primeras acciones van dirigidas a su eliminación y sustitución (Escolástico et al. 2015). En los espacios ajardinados, al ser lugares muy humanizados y gestionados, la tasa de eliminación de estos árboles viejos normalmente supera su tasa de reemplazo, perdiéndose elementos singulares que tienen funciones diferentes a las del resto del jardín. Estos elementos arbóreos son difíciles de reemplazar a corto plazo, dadas sus características de antigüedad. Es por ello que estos elementos maduros se deberían mantener en pie durante todo el tiempo posible, sea cual sea su estado de salud, y siempre y cuando no pongan en peligro a personas o propiedades (Le Roux et al., 2014).

Los árboles viejos, incluso en espacios urbanos o periurbanos, son esenciales como elementos estructurales para otros muchos organismos; funciones estructurales que, de hecho, solo se dan en ejemplares maduros y viejos por sus especiales características morfológicas y fisiológicas (Le Roux et al., 2014). Estas funciones derivan principalmente del mayor tamaño relativo de estos árboles y de la presencia de madera en descomposición. Dentro de estas funciones podríamos destacar, por ejemplo, los huecos encontrados en el tronco que proporcionan lugares de anidación para muchos animales, o madera vulnerable a la colonización por hongos descomponedores y otros organismos (Read, 2000). Es por ello que los árboles viejos ofrecen una amplia gama de servicios, difícilmente sustituibles por otros elementos del jardín y que contribuyen positivamente a aumentar la heterogeneidad espacial y biodiversidad dentro del jardín (Lindenmayer, 2016). Hoy en día existen ejemplos de gestión integral del arbolado viejo o singular en determinados ayuntamientos o municipios, como es el caso de la ciudad de Pamplona (Navarra) (Blanco et al., 2010).

Un Plan de Gestión es la herramienta más adecuada para el estudio y manejo de este tipo de elementos de la infraestructura verde urbana. Estos planes son documentos específicos que, tras identificar un objetivo inicial o problema que

se busca solucionar, se suceden una serie de etapas consecutivas que conducen a la toma de decisiones y permiten una planificación concreta y efectiva. Para ello, es necesario realizar una fase inicial de inventario (localización y caracterización) de los recursos que se desean gestionar. Posteriormente, se analiza la información (fase de diagnóstico) y se identifican los aspectos claves que deben servir de base para la elaboración del Plan de Gestión. Una vez elaborado el Plan de Gestión, se debe establecer un plan de seguimiento y control que verifique la efectividad de las medidas de manejo establecidas y permita reconsiderar el Plan de Gestión establecido, lo que se conoce como gestión adaptativa (Eurosité, 1999). Además, se deberá tener en cuenta la legislación vigente de la Comunidad de Madrid, en concreto, la Ley 8/2005, de 26 de diciembre, por la que se protege “todos los ejemplares de cualquier especie arbórea con más de 10 años de antigüedad o 20 cm de diámetro de tronco a nivel de suelo que se ubiquen en suelo urbano”. Esto supone la necesidad de solicitar permisos especiales en caso de precisar la eliminación de cualquier árbol de estas características.

Las infraestructuras verdes urbanas son claves en el urbanismo de una ciudad. Cumplen funciones muy diversas entre las que destacan las funciones ambientales, recreativas, culturales, estéticas, etc. Las infraestructuras verdes están formadas por un conjunto diverso de espacios ajardinados como es el caso del arbolado viario, los jardines y alamedas, algunos de ellos jardines históricos, los jardines botánicos, los eriales y baldíos y los jardines periurbanos, entre otros. Los espacios verdes periurbanos, objetivo de este TFG, se sitúan en la parte exterior de la ciudad y representan la transición entre el medio urbano y el medio agrícola o natural circundante. Están caracterizados por ser grandes extensiones seminaturales que suelen presentar elementos vegetales representativos de la flora local, por presentar un manejo más reducido y por estar situados entre los núcleos urbanos y los medios más naturales del exterior (Escolástico et al., 2015). Cumplen funciones especiales como consecuencia de su amplia extensión, su carácter seminatural y su estratégica posición, constituyendo una parte esencial de los anillos verdes de las ciudades. Nosotros vamos a centrar nuestro estudio en un espacio ajardinado periurbano situado en las afueras de la ciudad de Alcalá y

perteneciente al Campus Externo de la Universidad de Alcalá y que incluye al Real Jardín Botánico Juan Carlos I.

1.1. Objetivo general y objetivos específicos

Objetivo general: identificación de criterios para la gestión del arbolado viejo en los espacios ajardinados periurbanos del Campus Externo de la UAH.

Objetivos específicos:

- Inventario de los árboles viejos: fase de recogida de información

Para elaborar un Plan de Gestión del Arbolado Viejo es imprescindible conocer el estado y la localización de cada uno de los ejemplares a gestionar. Por ello, se recabará información referente a la localización, especie, edad, altura y diámetro, estado de salud y patrimonio natural asociado (avifauna y hongos) de cada uno de los ejemplares de árboles viejos que se encuentran en el Campus Externo de la UAH.

- Diagnóstico: fase de identificación de aspectos clave

Una vez se conocen la localización y las características físicas y el estado de los árboles viejos que se desean gestionar, se procederá a identificar los aspectos clave y se aconsejará una zonificación inicial que establezca diferentes grados de manejo para las distintas zonas. En concreto, dicha zonificación se basará principalmente en el estado de salud de los árboles y de su potencial peligro para las personas, vehículos o edificios. También se tendrán en cuenta los valores naturales asociados, intentando conservarlos y potenciarlos siempre que sea posible.

- Propuesta de estudios futuros

Dada la complejidad que supone la creación de un Plan de Gestión y la cantidad de actores y factores que necesitan tenerse en cuenta para su elaboración, en este TFG nos quedaremos en una fase previa al Plan de Gestión definitivo. Este TFG permitirá disponer de una base de datos y cartografía digitalizada sobre todos los árboles viejos del Campus Externo de la UAH que supondrá un avance significativo en esa dirección. Se aconsejará, además, la elaboración de una serie de futuros estudios que complementen este trabajo y que aporten nueva información para concretar las medidas que conformarán el Plan de Gestión final.

2. Material y métodos

2.1. Área de estudio

Tiene una extensión de más de 65 ha y está situada en el Campus Externo de la UAH (Figura 1). Comprende los jardines del CRUSA (Ciudad Residencial Universitaria), el Jardín Botánico de la UAH, la zona de la capilla de la antigua base militar, la zona de hangares y los alrededores del edificio de Ciencias.



Esta área se caracteriza por su pasado militar, ya que antes de la creación del Campus Externo de la Universidad y del Real Jardín Botánico existía el Aeródromo Barberán y Collar hasta 1965, de la cual hoy en día se conservan estructuras como la Capilla de la Virgen de Loreto o el hangar. Fue durante su época de base militar cuando en la zona se plantaron muchos de los árboles viejos que se observan en la zona hoy en día, flanqueando caminos y carreteras principales o determinadas estructuras. Una vez se produjo la cesión de los terrenos de la base militar al Ministerio de Educación en 1968, comenzó la construcción de los edificios que compondrían el Campus Externo. Durante los cursos 1975-76 y 1976-77 los edificios militares que se habían acondicionado como facultades y aulas, junto con los de nueva construcción, fueron utilizados por la Universidad Complutense de Madrid como expansión de sus colapsados edificios. El 1 de julio de 1977 entró en vigor el Real Decreto que creaba la cuarta universidad de Madrid, con sede en Alcalá de Henares, y

que inicialmente se denominaría ‘Universidad de Alcalá de Henares’ para, a partir de 1981, denominarse definitivamente como ‘Universidad de Alcalá’ (Universidad de Alcalá, 2016). Es en este momento cuando se inician los servicios de mantenimiento de los jardines de la UAH. Años después, en 1994, fue inaugurado el Real Jardín Botánico Juan Carlos I desde donde se coordinarían los servicios de jardinería.

2.2. Localización de los árboles viejos

Para la identificación y localización de los árboles viejos se han utilizado dos fuentes principales de información. Por un lado, se han estudiado las fotos aéreas históricas facilitadas por páginas web como NOMECALLES o PLANEA de la Comunidad de Madrid. Se ha realizado una comparativa visual de las imágenes de los años 1956, periodo 1961-97, 1975 y 1991, para situar los árboles de edades superiores a 60, 50, 40 y 30 años, respectivamente. Por otro lado, para ejemplares específicos, se ha contado con la colaboración del director del Jardín Botánico, Rosendo Elvira, responsable de la gestión de los espacios ajardinados de la Universidad de Alcalá y que lleva trabajando en la UAH desde 1989, desde la Oficina Técnica que desarrolló el proyecto del Jardín Botánico y que empezó a construirse en 1991.

Si bien es cierto que el término “árbol viejo” es impreciso y muchas veces no responde a características físicas de cada especie de árbol como el diámetro del tronco o su altura, sí existen ciertas características que permiten identificar a los árboles como “viejos”. Estas características son: existencia de grandes agujeros formándose en las ramas o el tronco, partes en estado de pudrimiento, gran cantidad de madera muerta en la copa, existencia de cuerpos fructíferos de hongos, entre otras (Read, 2000). Se podría definir árbol viejo como aquel que, en cierto modo independientemente de su edad, tras haber alcanzado el máximo desarrollo esperable de su copa atendiendo a sus características de especie y a las condiciones en las que vive, comienza a mostrar pérdida de vigor y merma de su copa por pérdida de ramas y reducción de crecimiento.

Para la localización e inventariado de los árboles viejos se utilizó la aplicación móvil UTM GeoMap, que nos permitió geolocalizar a tiempo real los árboles identificados en el campo. Posteriormente, se exportó la base de datos a un

documento Excel que recoge las características de cada individuo junto con su código de identificación. También se creó un archivo en Google Earth lo que permitió cartografiar los árboles identificados junto con su correspondiente código sobre una fotografía aérea reciente del área de estudio.

Para establecer el código de identificación de los árboles viejos se ha seguido el siguiente procedimiento. Las dos primeras letras mayúsculas identifican si el individuo se encuentra en el Campus Externo (CE) o en el campus interno o jardines de Alcalá (CI) (puesto que la base de datos de Google Earth se elaboró de forma conjunta con el TFG del compañero Javier Cascajero). Los tres números siguientes son exclusivos de cada árbol (independientemente de si se encuentran en el CE o en el CI) y sirven para numerar los árboles a medida que han sido identificados. Por último, las dos letras finales del código representan las iniciales del nombre científico del árbol. Un ejemplo sería CE052Pn: un árbol encontrado en el Campus Externo, de número 52 y de la especie *Populus nigra*.

2.3. Caracterización de los árboles viejos

Para la caracterización de los árboles viejos identificados se han utilizado las variables que se describen a continuación:

- Coordenadas UTM: Zone: 30 T MGRS :30TVK 70659 84277.
- Especie; si es exótica y nativa, el tipo de hoja y tipo de fruto.
- Edad: hemos considerado árbol viejo a partir de los 40 años de edad porque en la mayoría de las especies arbóreas del Campus Externo a esa edad empiezan a aparecen síntomas de senectud. La determinación aproximada de la edad se realizó mediante el estudio de fotos aéreas históricas o de la información de Rosendo Elvira. La edad se clasificó en 6 clases diferentes (Tabla 1). A cada clase se le asignó un color diferente en las etiquetas de Google Earth.

Tabla 1. Categorías de edad de los árboles viejos utilizadas en el presente TFG, con su correspondiente color de etiqueta de Google Earth.

Clase de edad	Descripción	Color de etiqueta
30+	Árboles localizados por primera vez en las fotos aéreas históricas de 1991 y que, por su apariencia en dichas fotos y el tiempo previo transcurrido en vivero, se les estima para aquella fecha no menos de 15 años de edad.	Amarillo
40+	Árboles localizados por primera vez en las fotos aéreas históricas de 1975	Azul
50+	Árboles localizados por primera vez en las fotos aéreas históricas del periodo 1961-67	Rojo
60+	Árboles localizados por primera vez en las fotos aéreas históricas de 1956	Morado
Rebote de cepa vieja	Árboles o conjunto de rametes originados en una cepa vieja	Naranja
Desconocida	Árbol identificado como viejo pero que no se distingue en las fotos aéreas históricas	Verde

- Altura del árbol: Estimada con un telémetro (TruPulse 200; Laser Technology, Inc.; Centennial; USA), en metros.
- Diámetro a la altura del pecho (DBM, aproximadamente 130 cm de altura): estimado con la ayuda de una forcípula o de una cinta métrica, en metros.
- Tratamientos fitosanitarios: Tratamientos sanitarios, principalmente podas, aplicados a cada árbol a lo largo de su vida.
- Estado de salud: las categorías se han establecido de manera conjunta con el Jardín Botánico y se refieren al estado de la copa y de la corteza (Tabla 2).

Tabla 2. Categorías de estado de salud de los árboles viejos utilizadas en el presente TFG y referidas al estado de la copa y de la corteza.

Estado de la copa		Estado de la corteza	
1	Copa completamente correcta	+	Corteza un poco rajada, con el interior algo expuesto.
2	Menos de la mitad de las ramas de la copa están secas	++	Corteza bastante rajada, con el interior expuesto.
3	Aproximadamente la mitad de las ramas de la copa están secas	+++	Corteza totalmente rajada, con el interior completamente expuesto
4	Casi todas las ramas están secas		
5	Árbol completamente seco		

- Otras observaciones: existencia de elementos característicos, que pueden afectar o no al estado del árbol y a su peligrosidad, y que a veces fueron colocados por los jardineros como por ejemplo la existencia de setos espinosos perimetrales. También se indica la existencia de cajas nido de murciélagos, aunque no se conoce su eficacia.

2.4. Avifauna y hongos asociados:

Para documentar el valor natural asociado a los árboles viejos, estudiamos la avifauna nidificante y la presencia de hongos. Respecto a las aves, realizamos un examen visual del árbol e identificamos las siguientes categorías:

1. Hueco de pájaro carpintero: hueco en el árbol creado por un pájaro carpintero. Puede ser utilizado como dormitorio, nido o tambor de reclamo por el pájaro carpintero y como hueco para refugio o reproducción por otras especies.
2. Inicio de hueco de pájaro carpintero: inicio de formación de un hueco en la corteza del árbol por un pájaro carpintero.
3. Nido de paloma torcaz o tórtola turca: identificación visual de un nido de estas especies en el árbol.
4. Nido de urraca: localización visual del nido de urraca en la copa del árbol.
5. Árbol “yunque”: los pájaros carpinteros utilizan las hendiduras de la corteza de ciertos árboles para anclar los frutos y picotearlos hasta extraer su interior (Figura 2). Hemos identificado ejemplares de árboles cumpliendo

esta función a partir de la presencia de frutos anclados en la corteza y frutos partidos acumulados en la base del árbol.

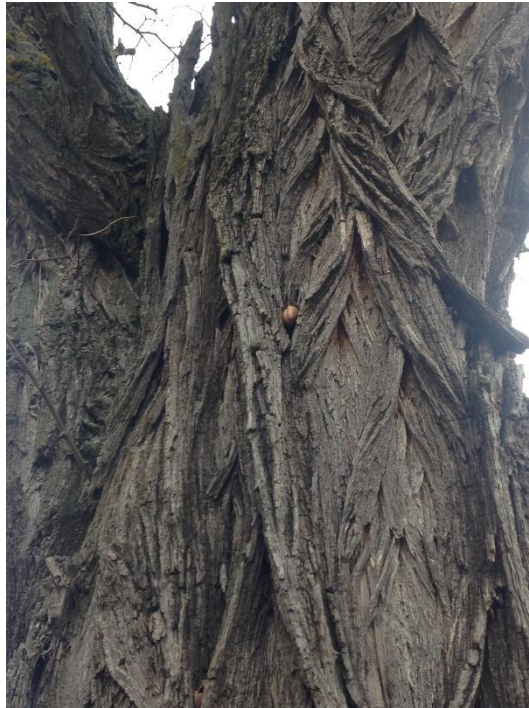


Figura 2. Ejemplo de árbol yunque en *Robinia pseudoacacia*. (15/03/2018)

Se han identificado otras dos categorías que pueden ser importantes para la fauna troglodita del campus. Dependen del modo de crecimiento y de los procesos de descomposición sufridos por los árboles viejos y no han sido contruidos por la avifauna:

1. Agujero en rama o tronco: hueco encontrado en el tronco del árbol, formado de manera natural o a raíz de una poda, que puede servir como refugio, nido o dormitorio por especies de animales.
2. Tronco hueco: El interior del tronco del árbol está completamente hueco, pudiendo servir como refugio, nido o dormitorio por especies de animales.

Finalmente, hemos apuntado también la presencia de cajas nido instaladas en los árboles viejos.

Para la identificación de los hongos en los árboles viejos del campus se realizó una inspección ocular de los mismos con la ayuda del profesor Gabriel Moreno y su colaborador Juan Antonio Picado.

Para estimar la preferencia de las aves o los hongos por cada tipo de árbol viejo se ha utilizado el índice de Ivlev (Marti et al. 2007). Este índice tiene en cuenta el porcentaje de árboles viejos existente de cada especie de árbol (r) y el porcentaje de señales de actividad de las aves existentes en dicha especie arbórea (p), mediante la fórmula siguiente:

$$S = \frac{(r - p)}{(r + p)}$$

El índice de Ivlev es un valor numérico que oscila entre -1, indicativo de rechazo por dicha especie arbórea, a +1, indicativo de total preferencia por dicha especie arbórea.

El trabajo de campo para este TFG se realizó principalmente durante el periodo de febrero a mayo de 2018.

3. Resultados

3.1. Localización y caracterización del arbolado viejo



Figura 3. Localización del arbolado viejo en el Campus Externo de la UAH. Fuente: Google Earth (28/05/2018).

Se localizó y caracterizó un total de 519 ejemplares, considerados como árboles viejos (Figura 3). En la figura se distinguen dos agrupaciones principales de árboles de más de 50 años, una en la zona de la capilla de la antigua base militar y otra al oeste del edificio de Ciencias. Se han identificado un total de 21 especies de árboles (Tabla 3). Las especies de árboles más numerosas fueron *Robinia pseudoacacia*, un 36.8% del total y la *Morus alba*

(aunque alguno de los ejemplares puede ser *M. nigra*), un 24.5% del total. Del resto de especies, destaca *Ulmus pumila*, con un 16% de representación, porque es una de las pocas especies que presenta regeneración dentro del Campus Externo (presencia de plántulas) junto con *R. pseudoacacia* y *Ailanthus altissima*, que también la presentan; también destaca un ejemplar de *P. nigra* por ser el árbol más viejo localizado en este trabajo (con más de 60 años), sobre todo teniendo en cuenta la relativamente baja longevidad de esta especie. Más de la mitad de las especies (60%) son de hoja caduca. De las 9 especies de árboles que producen frutos aprovechables por la fauna, 3 generan legumbres, 3 especies generan frutos de tipo drupa, y el resto producen sorosis, bayas o siconos (higos). La mayoría de las especies de árboles son exóticas (71%). Sólo 6 especies se consideran nativas de la península ibérica. La mayoría de los árboles identificados como viejos (92%) tienen una edad mínima de 50 años, algo que, para muchas de las especies descritas, supone una edad madura.

Tabla 3. Número de árboles viejos según su especie y familia			
Especie	Familia	Número	Porcentaje
<i>Robinia pseudoacacia</i>	<i>Fabaceae</i>	191	36,80
<i>Morus alba</i>	<i>Moraceae</i>	127	24,47
<i>Ulmus pumila</i>	<i>Ulmaceae</i>	83	15,99
<i>Sophora japonica</i>	<i>Fabaceae</i>	31	5,97
<i>Fraxinus americana</i>	<i>Oleaceae</i>	18	3,47
<i>Melia azedarach</i>	<i>Meliaceae</i>	18	3,40
<i>Cupressus sempervirens</i>	<i>Cupressaceae</i>	9	1,73
<i>Olea europaea</i>	<i>Oleaceae</i>	9	1,73
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	<i>Myrtaceae</i>	7	1,35
<i>Ligustrum lucidum</i>	<i>Oleaceae</i>	6	1,16
<i>Ficus carica</i>	<i>Moraceae</i>	5	0,96
<i>Populus nigra</i>	<i>Salicaceae</i>	4	0,77
<i>Platycladus orientalis</i>	<i>Cupressaceae</i>	2	0,39
<i>Acer negundo</i>	<i>Sapindaceae</i>	2	0,39
<i>Cupressus cashmeriana</i>	<i>Cupressaceae</i>	1	0,19
<i>Cedrus libani</i>	<i>Pinaceae</i>	1	0,19
<i>Laurus nobilis</i>	<i>Lauraceae</i>	1	0,19
<i>Platanus hispanica</i>	<i>Platanaceae</i>	1	0,19
<i>Prunus dulcis</i>	<i>Rosaceae</i>	1	0,19
<i>Pinus halepensis</i>	<i>Pinaceae</i>	1	0,19
<i>Ailanthus altissima</i>	<i>Simaroubaceae</i>	1	0,19

Las cuatro principales especies arbóreas presentaron una distribución espacial diferente (Figura 4). Las especies más extendidas fueron la *R. pseudoacacia* y *U. pumila*. *M. alba* se localizó principalmente al noroeste del edificio de Ciencias de la UAH, y los ejemplares de *Sophora japonica* principalmente en los jardines frente al Hospital Príncipe de Asturias.

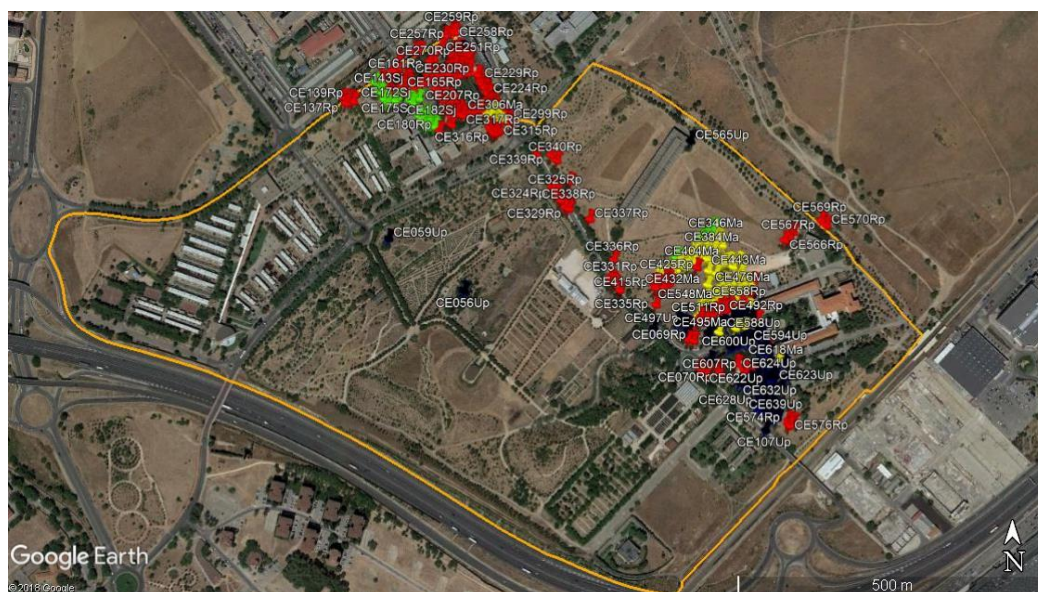


Figura 4. Localización de *R. pseudoacacia* (rojo), *M. alba* (amarillo), *U. pumila* (azul) y *S. japonica* (verde) en el Campus Externo de la UAH. Fuente: Google Earth (04/06/2018).

La mayor parte de los árboles viejos tienen una altura baja, entre 3 y 9 metros de altura (Figura 5). Los ejemplares de elevado tamaño, superior a 15 m, son muy escasos.

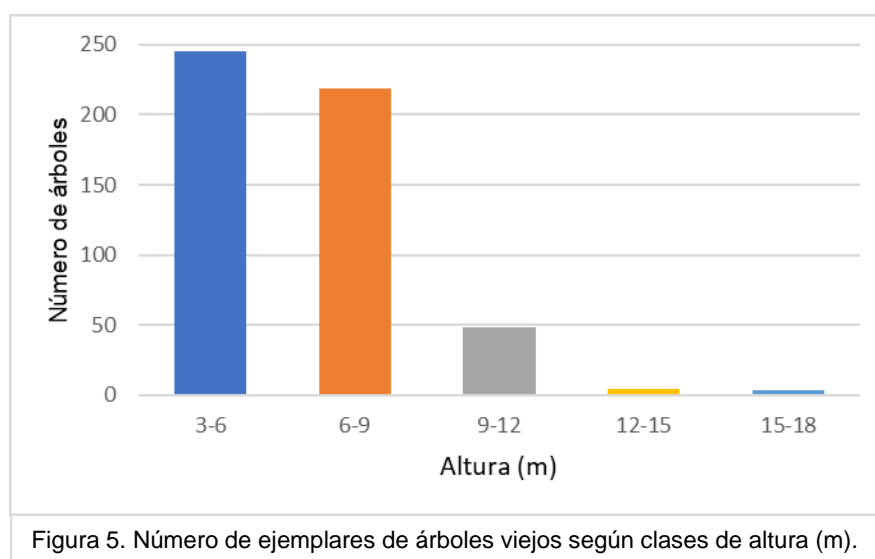
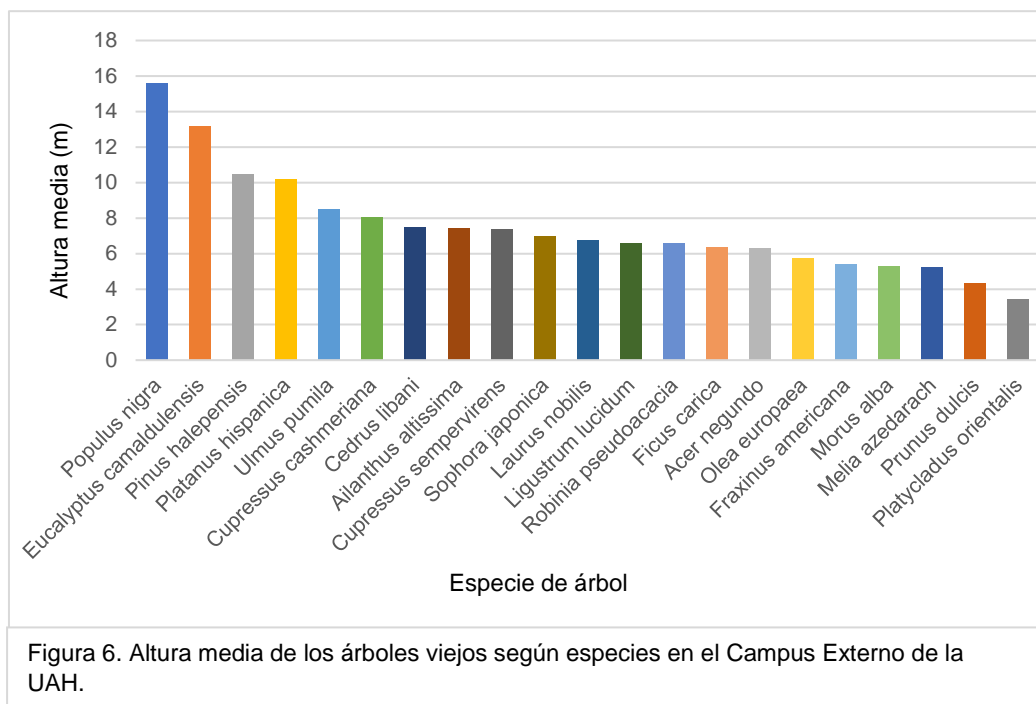
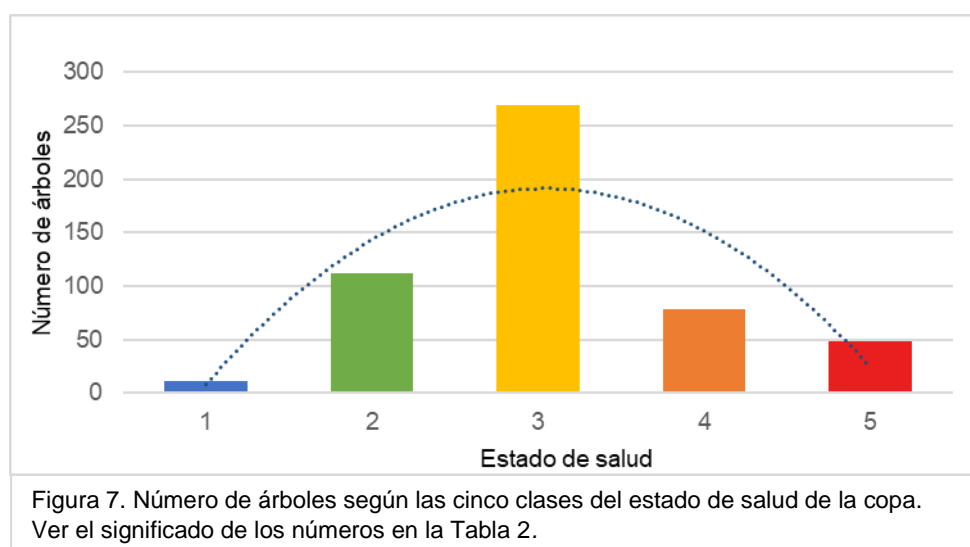


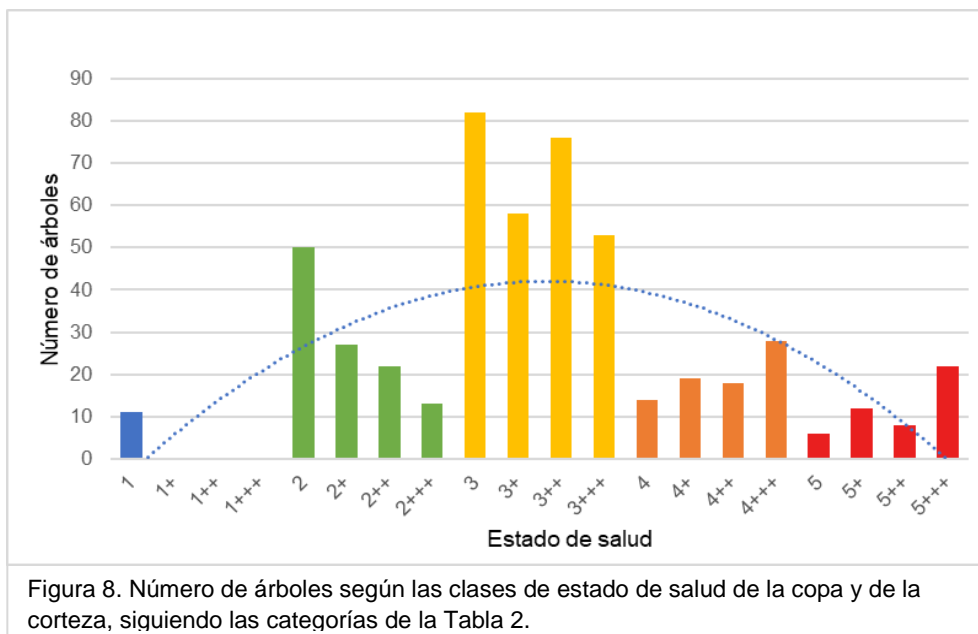
Figura 5. Número de ejemplares de árboles viejos según clases de altura (m).

La altura media de los ejemplares viejos varió con cada especie arbórea, desde menos de 4 metros a casi 18 metros de altura (Figura 6). Destacan el *P. nigra*, *E. camaldulensis*, *P. halepensis* y *P. hispánica* por sus alturas medias por encima de los 10 m.



El estado de salud de los árboles viejos resultó, en general, malo o muy malo (Figura 7), debido al grado de deterioro de la copa que sufren la mayoría de los individuos, encontrando también un gran número de ramas secas y troncos expuestos (Figura 8).





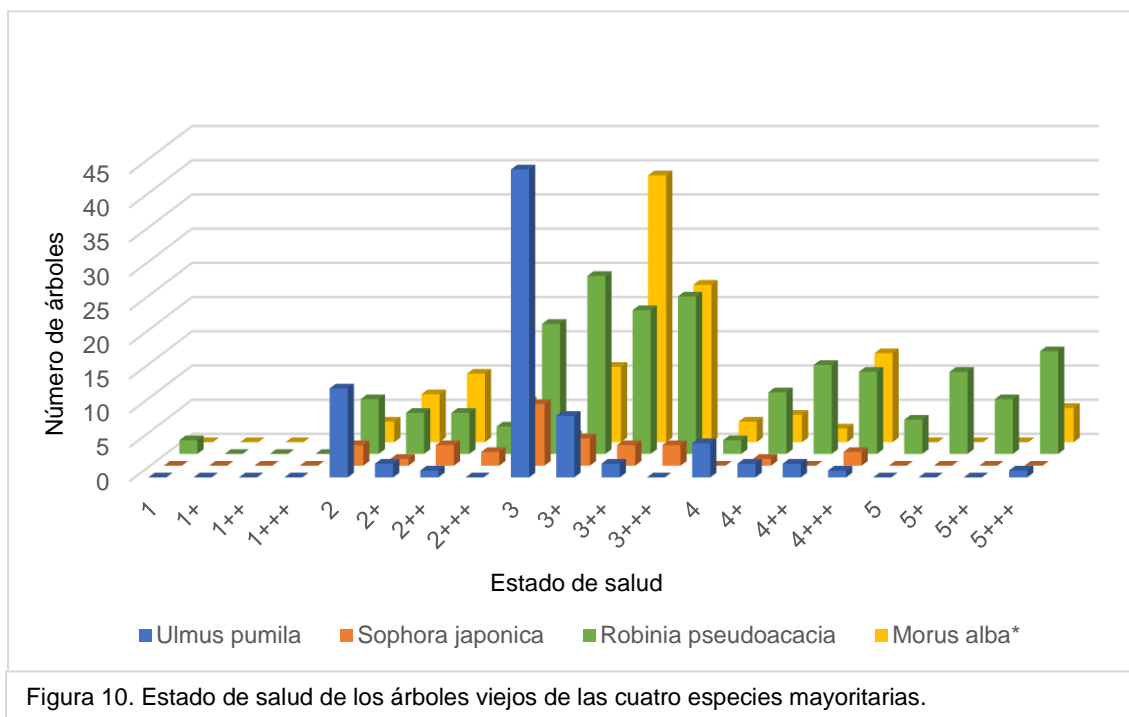
La gran mayoría de los árboles viejos (89%) han sufrido podas más o menos recientes. Desde 1994 solamente se hacen “podas” para sanear los desgarrones producidos por la caída espontánea de ramas, o para anticipar la caída de las mismas que amenazan caer, o para liberar las farolas, fachadas o los viandantes. En los pinos se eliminan las ramas bajas secas para “alzar la copa”.

Los ejemplares de árboles viejos más deteriorados, casi secos (categoría 4) o completamente secos (categoría 5) fueron encontrados mayoritariamente en la zona de la antigua Capilla militar de la Virgen de Loreto y en los alrededores del edificio de ciencias (Figura 9).



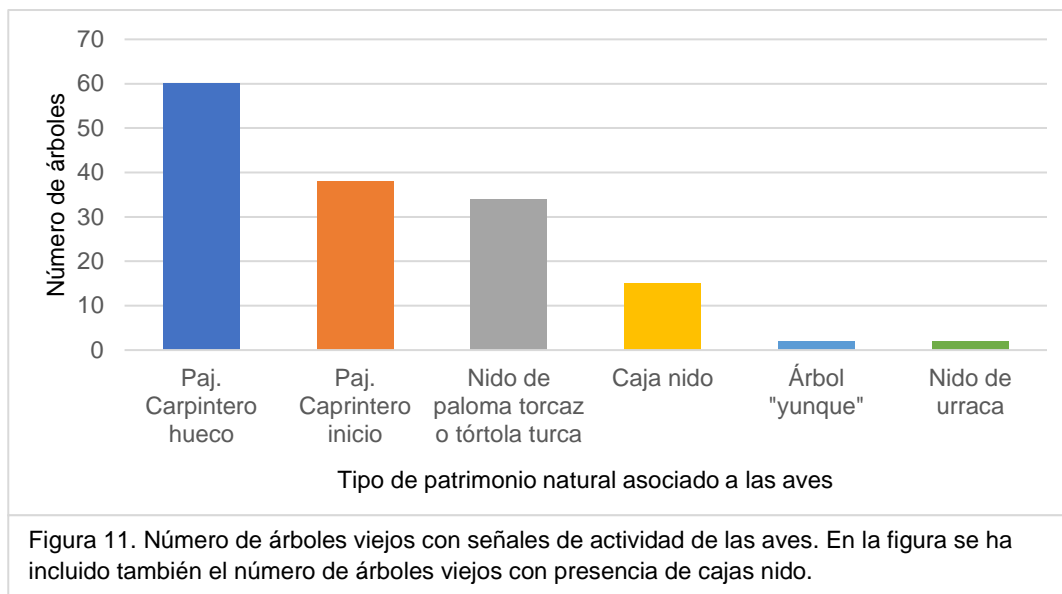
Figura 9. Localización de los individuos viejos con la copa casi completamente seca (categoría 4) o completamente seca (categoría 5) dentro del Campus Externo. Fuente: Google Earth (04/06/2018).

Respecto al estado de salud de las cuatro especies mayoritarias destaca *R. pseudoacacia* porque es la especie que presenta un mayor número de ejemplares con claros signos de senescencia (muy secos o completamente secos), además de presentar frecuentemente el tronco muy rajado (Figura 10).



3.2. Avifauna y hongos asociados

Se han encontrado un total de 194 señales de actividad de las aves en 191 árboles, lo que supone el uso de casi un 37% de los árboles viejos (Figura 11). La actividad más frecuente fueron los huecos e inicios de huecos de pájaro carpintero, casi 100 casos en total. En segundo lugar, se identificaron 35 nidos de paloma torcaz o tórtola turca (los nidos de ambas especies son indistinguibles). Cabe destacar los dos casos de árbol “yunque”, por su singularidad. Además, se han encontrado 15 árboles con cajas nido y 26 agujeros “naturales” en ramas o troncos y hasta 17 árboles que poseían el tronco hueco.

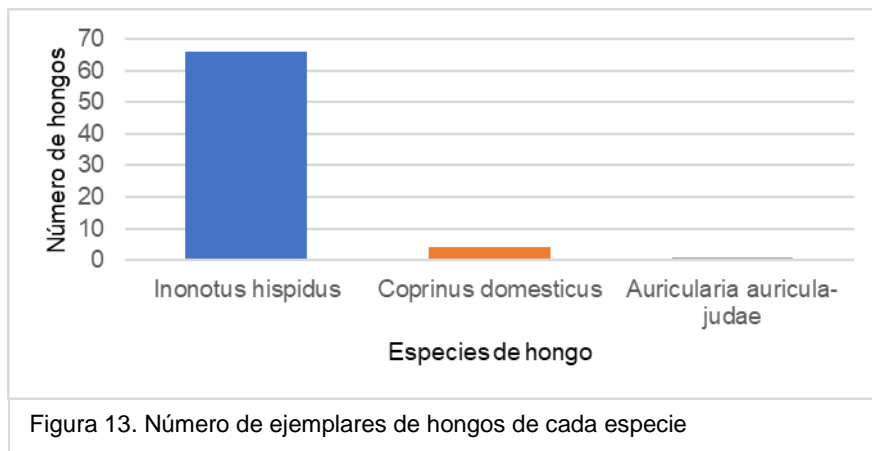


Los árboles viejos con señales de actividad de las aves se encuentran uniformemente distribuidos por todo el Campus Externo (Figura 12).



Se identificaron un total de 71 árboles viejos con hongos, lo que supone un 13,7% del total de árboles (Figura 13). Son hongos parásitos o saprótrofos xilófagos característicos de la madera muerta, aunque su presencia no supone un problema a corto plazo. La especie *Inonotus hispidus* (parásito) es el hongo más identificado en todo el Campus Externo, y el hongo *Coprinus domesticus*

(saprótrofo) es característico de ambientes urbanos. Solo se ha observado un árbol viejo con *Auricularia auricula-judae* (saprótrofo).



Los árboles que presentan hongos se concentraron, sobre todo, en la explanada que se encuentra al noreste del edificio de Ciencias y en la zona de la antigua Capilla (Figura 14).

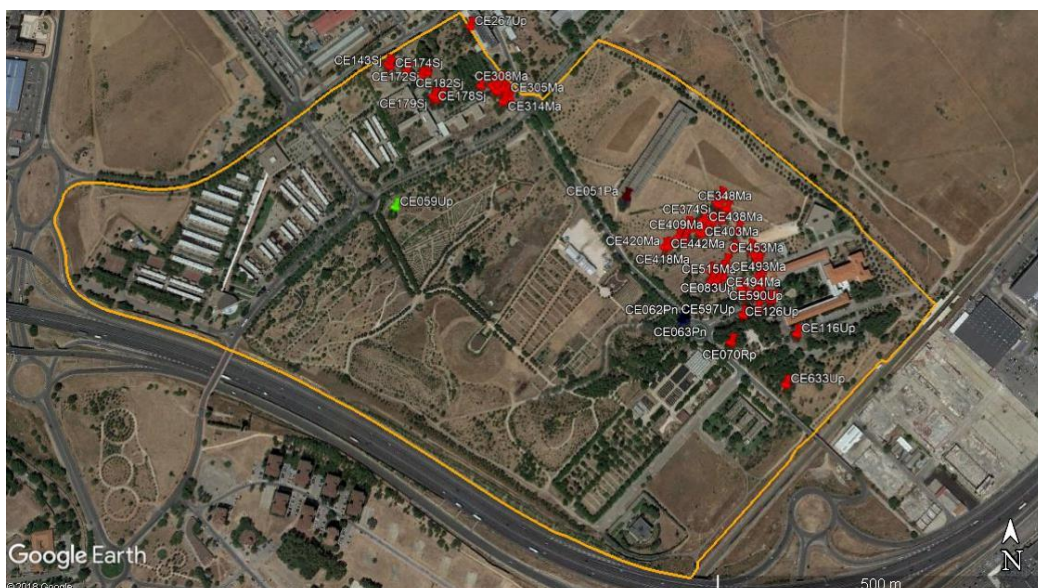
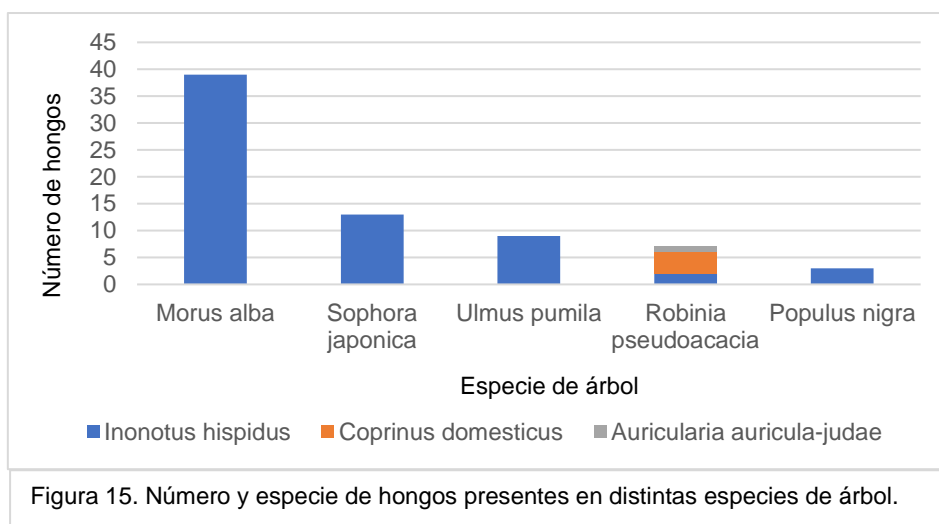
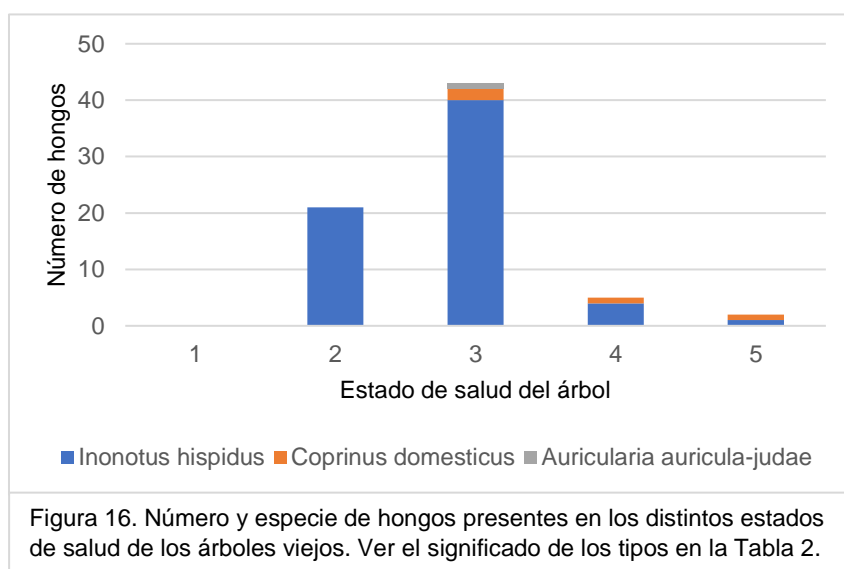


Figura 14. Localización en el Campus Externo de los árboles viejos que presentan hongos visibles en su parte exterior. Fuente: Google Earth (04/06/2018).

La especie de árbol con mayor número de hongos en su parte exterior fue *M. alba* (Figura 15). Sin embargo, son los ejemplares de *R. pseudoacacia* los que presentaron una mayor variedad de especies de hongos.



Los hongos se localizaron mayormente en árboles viejos de estado de salud de categoría 3 (ver Tabla 2) y, en segundo lugar, con un estado de salud 2 (Figura 16).



Las tablas y otras figuras explicativas de todo el apartado de resultados se encuentran en los Anexos (Anexo 1 a 18), y también se han analizado las preferencias de las aves por las especies de árbol (Anexo 19), por el estado de salud del árbol (Anexo 20) o por la altura del árbol (Anexo 21), además de las preferencias de los hongos por las distintas especies de árbol (Anexo 22) y por su estado de salud (Anexo 23).

Además, existe un registro fotográfico complementario (Anexos 24 a 45).

4. Discusión: Bases para la gestión del arbolado viejo del Campus Externo de la UAH

4.1. Diagnóstico

Existe un elevado número de árboles viejos dentro del Campus Externo de la UAH. Este hecho, por sí mismo, marca la necesidad de elaborar un Plan de Gestión específico para conservar este interesante patrimonio natural a la vez que se asegura la seguridad de las personas, coches y edificios que puedan verse afectados por éstos. Frente a esta riqueza y variedad de árboles viejos del campus, nos encontramos con una situación de decadencia importante provocada, según parece, por la situación climática de los últimos años secos que generó un estrés hídrico importante para la supervivencia de estos árboles, junto con un importante descenso del acuífero detectado tras las obras de ampliación de la autovía próxima en 2011, que supuso un drene del mismo y afectó a los árboles con raíces menos profundas.

Cabe destacar el mal estado de salud de la especie más numerosa, la *R. pseudoacacia*, con sus consiguientes riesgos para los usuarios, ya que muchos ejemplares se encuentran próximos a aceras y aparcamientos. Es posible que esta especie, que normalmente sufre fuerte deterioro durante periodos secos, se haya visto afectada más gravemente por las podas realizadas por seguridad o sean más vulnerables frente a las afecciones que esto pueda causar, por la entrada de parásitos o enfermedades. También podríamos destacar el caso de los ejemplares de *U. pumila* afectados por el asfaltado y adoquinamiento del suelo alrededor de la base de estos, presentando peor estado de salud que aquellos ejemplares no afectados por esta situación (Read, 2000).

La baja altura media de los árboles viejos localizados facilitará el manejo de estos árboles. En los casos en los que el estado del árbol pueda suponer un riesgo, existen diversos métodos de manejo que pueden ayudar a reducir este riesgo, por ejemplo, realizar podas controladas de la parte aérea en peor estado, realizar rebajes de la altura de los árboles, o incluso talar el árbol (Read, 2000). En los casos en los que particularmente se desee conservar un ejemplar viejo, también existe la posibilidad de establecer perímetros vegetales para evitar que los usuarios se aproximen demasiado a la zona de peligro, como es el caso de perímetros de zarzas, espinosas u otras especies que

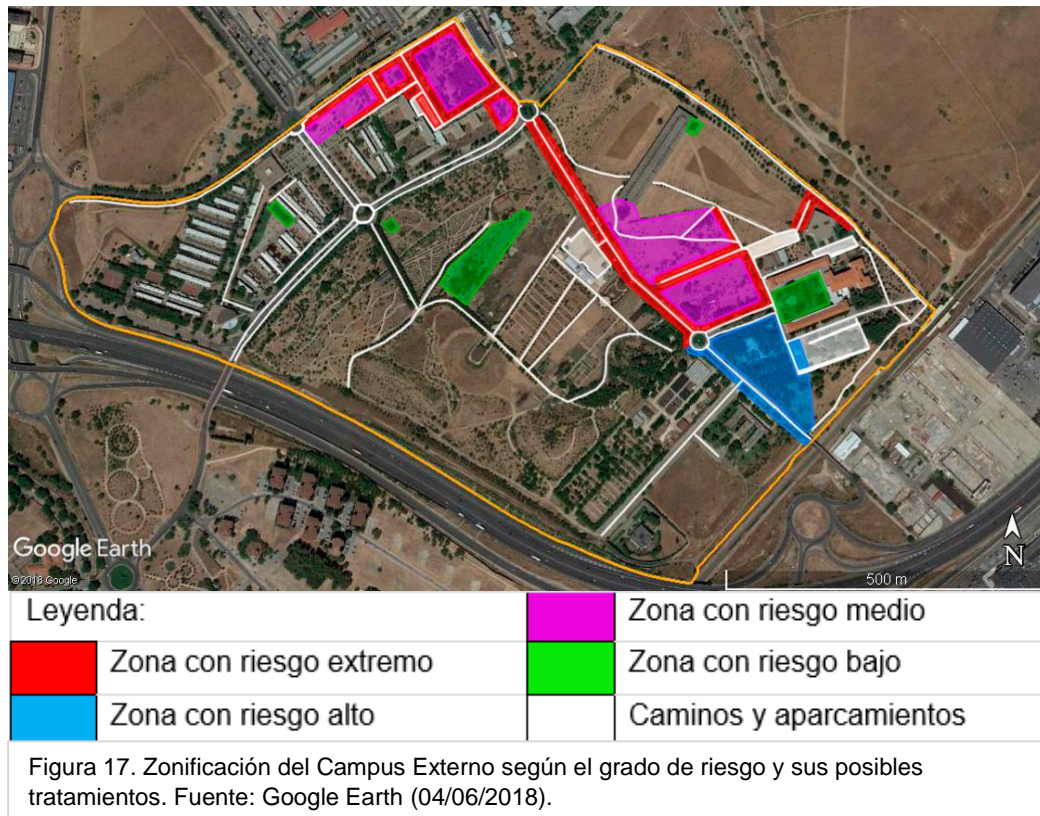
dificulten el acceso de las personas a la base del árbol. Otras opciones más caras son a base de estructuras de soporte (metálicas o de cualquier material resistente) que sostengan ramas peligrosas o incluso el propio tronco.

Teniendo en cuenta la importancia de la seguridad, uno de los aspectos que debería marcar los criterios de manejo de los árboles viejos es su distribución y proximidad a carreteras y aparcamientos, aceras, caminos y edificios. Muchos de los ejemplares más deteriorados, de las especies *R. pseudoacacia* y *S. japónica*, se encuentran flanqueando aceras y paseos muy transitados por los estudiantes y otros usuarios, lo que supone un riesgo para los mismos.

En este TFG hemos hecho un esfuerzo para identificar servicios que los árboles viejos realizan hacia otros seres vivos como aves u hongos. En el Campus Externo hay una diversa comunidad de aves reproductora e invernante (Rebollo et al. 2005) Los árboles viejos suministran hábitats y soportes capaces de acoger muchas especies de aves que anidan en la copa o que construyen sus propias oquedades en el árbol. Hemos documentado la importancia de estos árboles para los pájaros carpinteros, y también para el anidamiento de especies de aves como la paloma torcaz o la tórtola turca. Por otro lado, también se produce una cantidad de madera muerta que de manera natural garantiza cierta riqueza de hongos descomponedores que no podría encontrarse en ambientes más gestionados y controlados. Hemos identificado hasta tres especies de hongos, todas ellas descomponedoras de los componentes de la madera muerta como la lignina (Moreno & Manjón, 2010). Su actividad a largo plazo podría acelerar el proceso de degradación del árbol.

4.2. Propuesta de zonificación, manejo y seguimiento

Las actuaciones básicas que proponemos en el Plan de Gestión diferencian cuatro niveles de riesgo. Estos niveles se han elaborado teniendo en cuenta, principalmente, el estado de salud y la localización de los árboles y, en segundo lugar, la capacidad de éstos para ofrecer un sustento a otras formas de vida, como aves u hongos (Figura 17).



Zona con riesgo extremo: en ella encontramos ejemplares muy deteriorados, parcial o completamente secos, y que por encontrarse próximos a caminos o aparcamientos deben ser revisados con urgencia (zonas en color rojo próximas a caminos y aparcamientos). Son aproximadamente 150 árboles, lo que supone casi un 30% de los árboles viejos del Campus Externo, principalmente ejemplares de *R. pseudoacacia*. Si se apreciara riesgo de caída, deberían considerarse actuaciones de poda, soporte de ramas o tronco e incluso eliminar completamente el árbol. Tal como nos indican desde la dirección del Jardín Botánico, desde 2010 se han tenido que eliminar a causa de su riesgo cerca de 300 grandes ejemplares, destacando los 55 *Populus x canadensis* (= *P. X euramericana*) de los alrededores de la facultad de Medicina.

Zona con riesgo alto: Es una zona ajardinada bastante controlada en la que podemos encontrar principalmente ejemplares de *U. pumila* en un estado bueno (2) o medio (3) de salud y en la que, por lo tanto, no esperamos un riesgo para los usuarios a corto plazo (área azul al suroeste del edificio de Ciencias, junto con su aparcamiento). Sobre estos árboles, el protocolo de manejo podría basarse en realizar el seguimiento de los ejemplares a medio

plazo en previsión de su empeoramiento y eliminar aquellas ramas que puedan ocasionar riesgo para los usuarios. Esta zona abarca un 17% de los árboles viejos estudiados, plantados durante la fase de recinto militar y afectados por la posterior construcción de los aparcamientos del edificio de Ciencias. La base de estos árboles viejos se ha rodeado de adoquines, afectando a la salud del árbol. A muchos de ellos ya se les han realizado podas; sin embargo, sería necesario revisar y podar el resto de los árboles que se encuentren en la misma situación. Además, aconsejamos considerar la posibilidad de retirar los adoquines más cercanos a estos árboles y mejorar las condiciones de todos los árboles que se sitúen dentro de este aparcamiento, también los más jóvenes que no han sido estudiados por este trabajo.

Zona con riesgo medio: se trata de zonas que contienen aproximadamente la mitad de los ejemplares estudiados, unos 280 árboles, todos ellos plantados durante la fase de recinto militar, y de diversas especies. Son árboles muy dañados y en ocasiones completamente muertos que, sin embargo, no suponen un riesgo para las personas por encontrarse en zonas más o menos aisladas (zonas verdes de la Capilla militar y al noroeste del edificio de Ciencias). En estas zonas el manejo podría basarse en el seguimiento continuado del estado de los árboles y en la realización de labores menores de limpieza para evitar mayores riesgos en caso de incendio, por ejemplo. Al ser zonas en las que no se controla exhaustivamente la caída de ramas o incluso de los propios árboles, sería conveniente instalar carteles informativos que prevengan del riesgo que supone adentrarse en ellas y que expliquen la importancia de estos árboles para conservar el patrimonio natural del Campus Externo.

Zona con riesgo bajo: son aquellas zonas que no suponen un riesgo actual ni a corto ni a largo plazo debido a su buena salud (se corresponde con los árboles viejos del Jardín Botánico, y los plantados que ya hayan alcanzado una edad avanzada tanto en los jardines del CRUSA como en el jardín central del edificio de Ciencias, marcados por un área verde). Reúne un total de 15 árboles, lo que supone solo un 3% del total, y muchos de ellos fueron plantados durante la formación del Campus Científico-Tecnológico de la UAH. No se prevén

medidas de manejo urgentes, aunque sí es necesario realizar un seguimiento de su estado de conservación a largo plazo.

4.3. Propuesta de estudios futuros para mejorar el Plan de Gestión

La zonificación anterior y la propuesta de manejo y seguimiento deriva de un diagnóstico inicial y, quizás, demasiado superficial para poder marcar pautas de actuación y métodos concretos e individualizados para cada ejemplar de árbol viejo. Sin embargo, consideramos que es un buen punto de partida y puede sugerir futuros estudios que permitan obtener toda la información necesaria para acabar realizando un Plan de Gestión eficaz y realista.

Estos futuros estudios, que pueden realizarse en el marco de otros Trabajos de Fin de Grado, podrán basarse en la información recabada en este trabajo, que estará disponible informatizada en bases de datos y cartografía digital. Algunos de los estudios deberían ir dirigidos a conocer la edad exacta de los árboles estudiados mediante dendrocronología u otras técnicas. También estudiar más en profundidad el estado de salud real de los árboles mediante el estudio interno de su sistema vascular, ya que nuestra catalogación del estado de salud se basa únicamente en el aspecto externo de los ejemplares. También resultan necesarios más estudios de la fauna que anida o habita tanto en las copas como en las oquedades existentes en los árboles, tanto de invertebrados, reptiles, aves o mamíferos, así como un estudio más profundo de la riqueza y diversidad de hongos presentes. Se aconseja realizar un estudio de riesgo y peligrosidad por proximidad a los árboles que potencialmente puedan generar daños por la caída de grandes ramas o del propio árbol, mediante la elaboración de un mapa de riesgos asociado a una serie de medidas de seguridad individualizadas para cada ejemplar y cada caso. Finalmente, se podrían desarrollar actividades de divulgación para explicar este Plan de Gestión del Arbolado Viejo, su originalidad en el contexto universitario español y su importancia para conservar la biodiversidad local.

Este TFG es producto de la colaboración entre especialistas de las áreas de Ecología, Botánica y Zoología y de la dirección del Jardín Botánico Juan Carlos I. Este enfoque, académico y práctico, ayuda a abordar este tipo de Planes de Gestión que son necesariamente multidisciplinarios y multifuncionales. Permiten

estudios más integradores que se ajustan más a la compleja realidad de la gestión de los recursos naturales.

5. Conclusiones

- 1) En el jardín periurbano situado en el Campus externo de la UAH se han localizado un número elevado de árboles identificados como viejos (519 ejemplares), pertenecientes a varias especies. En general, poseen un estado de salud malo, con gran parte de sus ramas secas y sus troncos expuestos a enfermedades y plagas. Destacan los ejemplares de *R. pseudoacacia* y *U. pumila*, dos de las especies más numerosas en el Campus Externo y con peor estado de salud.
- 2) La altura media de los árboles viejos es relativamente baja (menos de 9 metros) lo que facilitará su manejo y conservación.
- 3) Algunos de los ejemplares encontrados en mal estado se encuentran muy próximos a caminos, carreteras, aparcamientos o edificios, lo que supone un riesgo inminente para personas, coches y edificios.
- 4) Hemos encontrado un interesante patrimonio natural asociado a los árboles viejos. Se han observado señales de actividad de aves en casi el 40% de los árboles estudiados, sobre todo huecos o inicios de huecos de pájaros carpinteros y nidos de paloma torcaz o tórtola turca. Además, se han observado un número considerable de árboles con hongos (14%), aunque la mayor parte de ellos de la misma especie (*Inonotus hispidus*).
- 5) En el Plan de Gestión proponemos una zonificación basada principalmente en el riesgo para la seguridad. Identificamos aquellas zonas que poseen un mayor riesgo y en las que se propone la realización de podas preventivas o incluso eliminar el ejemplar si se considera necesario. También se han identificado zonas más aisladas en las que podemos conservar los ejemplares de árboles viejos y decrepitos y permitir mantener parte de la madera muerta para favorecer diferentes tipos de hábitats.
- 6) Sin embargo, para la formulación de un Plan de Gestión más completo se requiere de estudios más profundos y específicos. Este TFG aporta una buena base de datos digitalizada, con la localización y caracterización de los árboles viejos, que puede servir de base a esos estudios posteriores.

6. Agradecimientos

A mi tutor y cotutores, Salvador Rebollo, Rosendo Elvira, *Gabriel Moreno* y *Luísa* María Díaz, por su tiempo y dedicación para hacer posible este TFG.

A Javier Cascajero, por nuestros logros compartidos.

A Lorenzo Pérez por suministrarme y enseñarme a manejar diverso material de campo, a José Ignacio Calvo por la bibliografía que me ha suministrado sobre gestión de arbolado viejo, a Juan Antonio Picado por ayudarme a identificar las especies de hongos.

Por último, a mi pareja David y a mi perra Topi por aguantarme durante tantos meses, y a mis padres Luis J. y Cristina por los continuos ánimos.

7. Bibliografía

- Blanco, A., Alcalde, J.T., Belasko, M., Meyer, A., Schwendtner, O., Urtasun, A. (2010). Árboles Viejos y Árboles Singulares de Pamplona. Colección Biodiversidad Urbana de Pamplona. Ayuntamiento de Pamplona.
- Eurosite (1999). Manual de Planes de Gestión. Fundació Territori i Paisatge, Caixa Catalunya.
- Escolástico León, C., Lerma Ruiz, A.J., López Llorens, J. y Alía Sánchez, M.L. (2015). Medio ambiente y espacios verdes, UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid. p. 39-45.
- Google Earth Pro. (2016). Google.
- Ley de Protección y Fomento del Arbolado Urbano de la Comunidad de Madrid, 26 de diciembre de 2008, Comunidad de Madrid (2008).
- Le Roux, D.S., Ikin, K., Lindenmayer, D.B., Manning, A.D., Gibbons, P., (2014) The Future of Large Old Trees in Urban Landscapes. PloS ONE N. 9 p.6
- Lindenmayer, D.B. (2016). Conserving large old trees as small natural features” *Biological Conservation* 211 p.55-59
- Marti, C.D., Bechard, M., Jaksic, F.M. (2007). Food Habitats. In Bird, D.M., Bildstein, K.L. (eds) Raptor Research and Management Techniques, 129-149. Hancock House Publishers, Surrey, BC.
- Moreno, G. y García Manjón, J.L. (2010). Guía de hongos de la Península Ibérica. Ediciones Omega. Barcelona.
- NOMECALLES, (n.d.). *NOMECALLES*, Nomenclátor oficial y Callejero. Instituto de Estadística – ICM, Comunidad de Madrid. Disponible en: <http://www.madrid.org/nomecalles/> [Consultado 03/02/2018]
- Read, H. (2000). Árboles viejos: guía para una buena gestión. Peterborough: The Veteran Trees Initiative.
- Rebollo, S., Díaz-Aranda, L. y Grupo Ornitológico Alcedo (2005). Avifauna de la Universidad de Alcalá. Cuadernos del Campus, Naturaleza y Medio Ambiente Nº2. 28 pp. Universidad de Alcalá y Comunidad de Madrid, España. ISSN 1885 – 625 X.
- Universidad de Alcalá (2016). Disponible en: <https://www.uah.es/es/> [Consultado 18/06/2018]

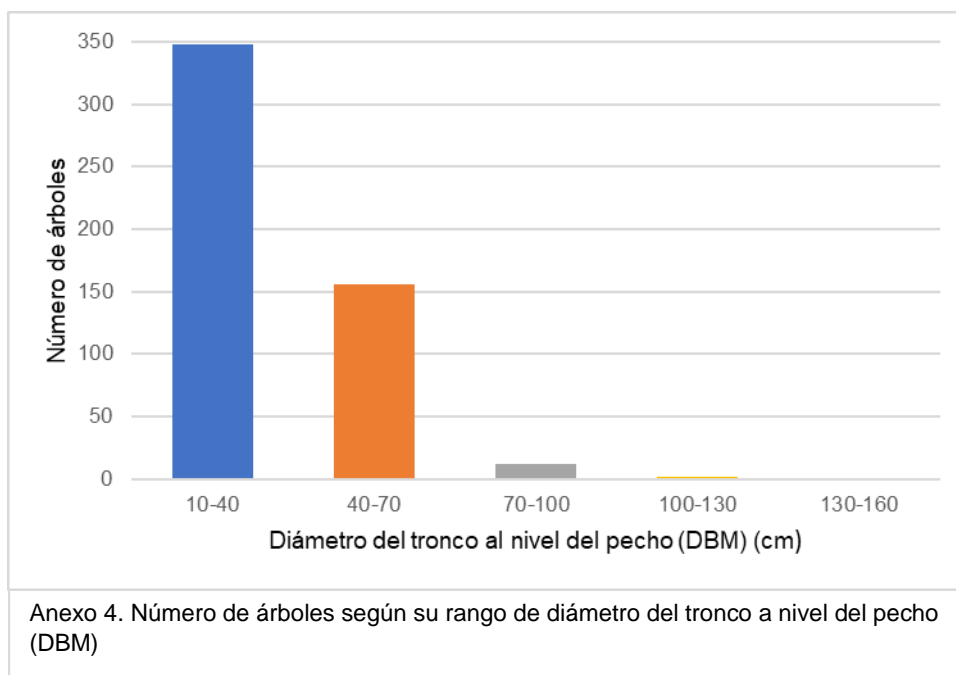
- UTM Geo Map. (2018). Y2 Tech
- Visor de Cartografía, (n.d.). PLANEA. Consejería de Medio Ambiente, Administración Local y Ordenación del Territorio, Comunidad de Madrid. Disponible en:
<http://www.madrid.org/cartografia/visorCartografia/html/visor.htm>
[Consultado 15/05/2018]
- Visor SIGPAC V 3.3 (n.d.). Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC). Fondo Español de Garantía Agraria O.A. Disponible en: <http://sigpac.mapa.es/fega/visor/> [Consultado 10/04/2018]

8. Anexos

Anexo 1. Edad de los árboles según las imágenes aéreas históricas		
Edad	Número	Porcentaje
60+	1	0,19
50+	479	92,29
40+	6	1,16
30+	8	1,54
Rebrote de cepa vieja	22	4,24
Desconocida	3	0,58

Anexo 2. Número de árboles clasificados según su rango de altura (m)		
Rango de alturas (m)	Número	Porcentaje
3-6	245	47,21
6-9	219	42,20
9-12	48	9,25
12-15	4	0,77
15-18	3	0,58

Anexo 3. Número de árboles clasificados según su rango de DBM (cm)	
Rango de diámetros (cm)	Número
10-40	348
40-70	156
70-100	12
100-130	2
130-160	1



Anexo 5. Número de árboles por estado de salud		
Estado de salud	Número	Porcentaje
1	11	2,12
2	112	21,58
3	269	51,83
4	79	15,22
5	48	9,25

Anexo 6. Número de árboles por estado de salud, incluyendo tronco rajado	
Estado de salud	Número
1	11
1+	0
1++	0
1+++	0
2	50
2+	27
2++	22
2+++	13
3	82
3+	58
3++	76
3+++	53
4	14
4+	19
4++	18
4+++	28
5	6
5+	12
5++	8
5+++	22

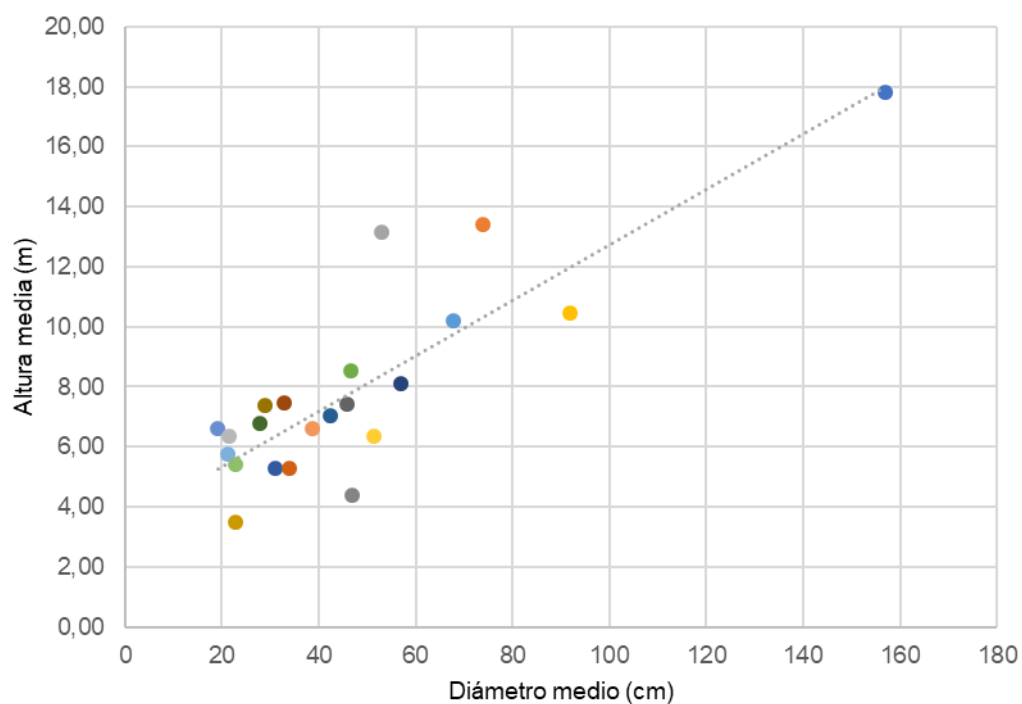
Anexo 7. Número de árboles en los que hay patrimonio natural asociado a las aves		
P.N. Aves	Número	Porcentaje
Árbol sin uso por las aves	328	62,84
Paj. Carpintero hueco	60	11,49
Paj. Caprintero inicio	38	7,28
Nido de paloma torcaz o tórtola turca	34	6,51
Agujero en rama o tronco	26	4,98
Tronco hueco	17	3,26
Caja nido	15	2,87
Árbol "yunque"	2	0,38
Nido de urraca	2	0,38

Anexo 8. Número de hongos según su especie		
Especie de hongo	Número	Porcentaje
Sin hongos	448	86,32
<i>Inonotus hispidus</i>	66	12,72
<i>Coprinus domesticus</i>	4	0,77
<i>Auricularia auricula-judae</i>	1	0,19

Anexo 9. Altura media de cada especie de árbol	
Especie	Altura media (m)
<i>Populus nigra</i>	15,60
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	13,15
<i>Pinus halepensis</i>	10,45
<i>Platanus hispanica</i>	10,17
<i>Ulmus pumila</i>	8,50
<i>Cupressus cashmeriana</i>	8,07
<i>Cedrus libani</i>	7,46
<i>Ailanthus altissima</i>	7,42
<i>Cupressus sempervirens</i>	7,37
<i>Sophora japonica</i>	7,00
<i>Laurus nobilis</i>	6,77
<i>Ligustrum lucidum</i>	6,58
<i>Robinia pseudoacacia</i>	6,57
<i>Ficus carica</i>	6,33
<i>Acer negundo</i>	6,32
<i>Olea europaea</i>	5,74
<i>Fraxinus americana</i>	5,39
<i>Morus alba</i>	5,28
<i>Melia azedarach</i>	5,25
<i>Prunus dulcis</i>	4,35
<i>Platyclusus orientalis</i>	3,45

Anexo 10. Diámetro medio de cada especie de árbol viejo

Especie	Diámetro medio (cm)
<i>Pinus halepensis</i>	92,00
<i>Populus nigra</i>	115,50
<i>Platanus hispanica</i>	68,00
<i>Cupressus cashmeriana</i>	57,00
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	53,07
<i>Acer negundo</i>	51,50
<i>Prunus dulcis</i>	47,00
<i>Ulmus pumila</i>	46,70
<i>Ailanthus altissima</i>	46,00
<i>Sophora japonica</i>	42,36
<i>Robinia pseudoacacia</i>	38,76
<i>Melia azedarach</i>	34,11
<i>Cedrus libani</i>	33,00
<i>Morus alba</i>	31,09
<i>Cupressus sempervirens</i>	29,00
<i>Laurus nobilis</i>	28,00
<i>Fraxinus americana</i>	23,00
<i>Platycladus orientalis</i>	23,00
<i>Ficus carica</i>	21,60
<i>Olea europaea</i>	21,33
<i>Ligustrum lucidum</i>	19,17



Anexo 11. Diagrama de dispersión de la altura media (m) y el diámetro medio (cm) por especie de árbol

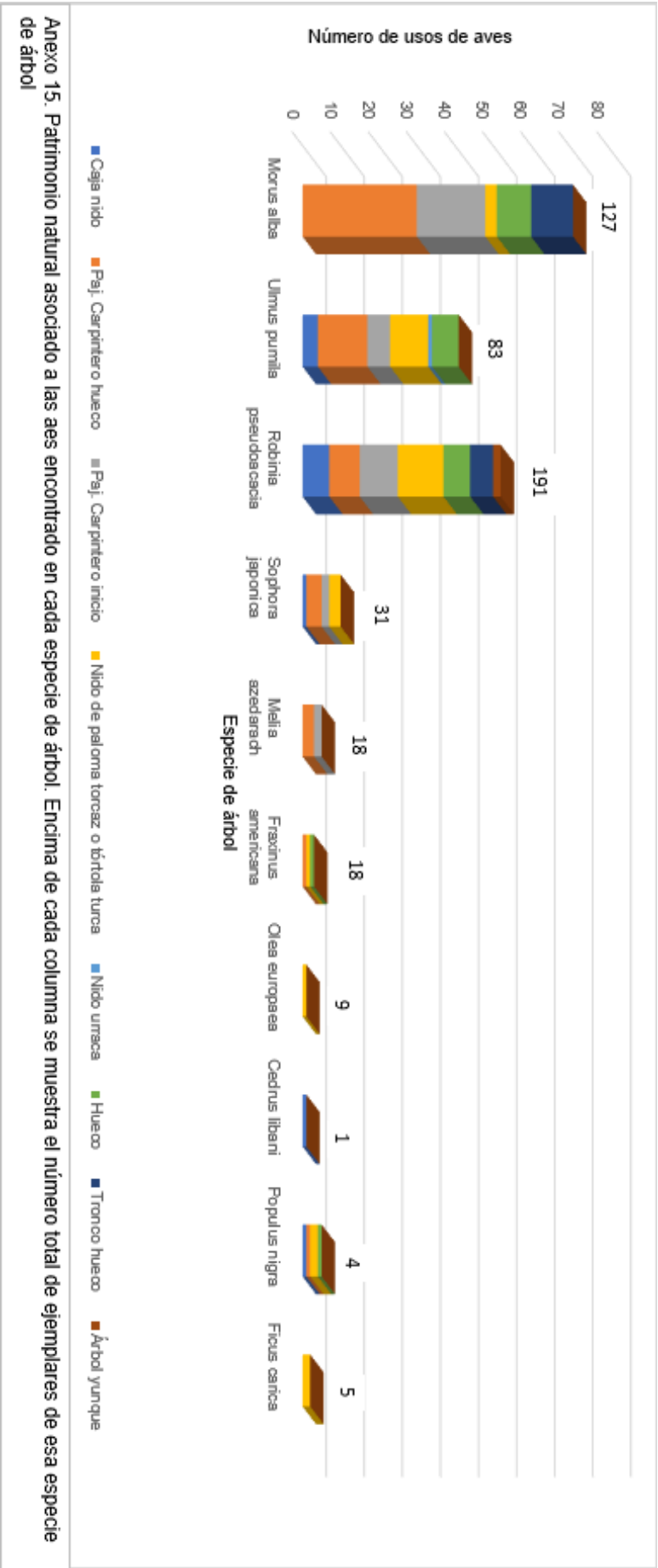
Anexo 12. Número y especie de los hongos encontrados según la especie de árbol

Especie de árbol	Inonotus hispidus	Coprinus domesticus	Auricularia auricula-judae
<i>Robinia pseudoacacia</i>	2	4	1
<i>Morus alba</i>	39	0	0
<i>Ulmus pumila</i>	9	0	0
<i>Sophora japonica</i>	13	0	0
<i>Populus nigra</i>	2	0	0
<i>Populus nigra</i>	1	0	0

Anexo 13. Número y especie de hongos encontrados en árboles según su estado de salud

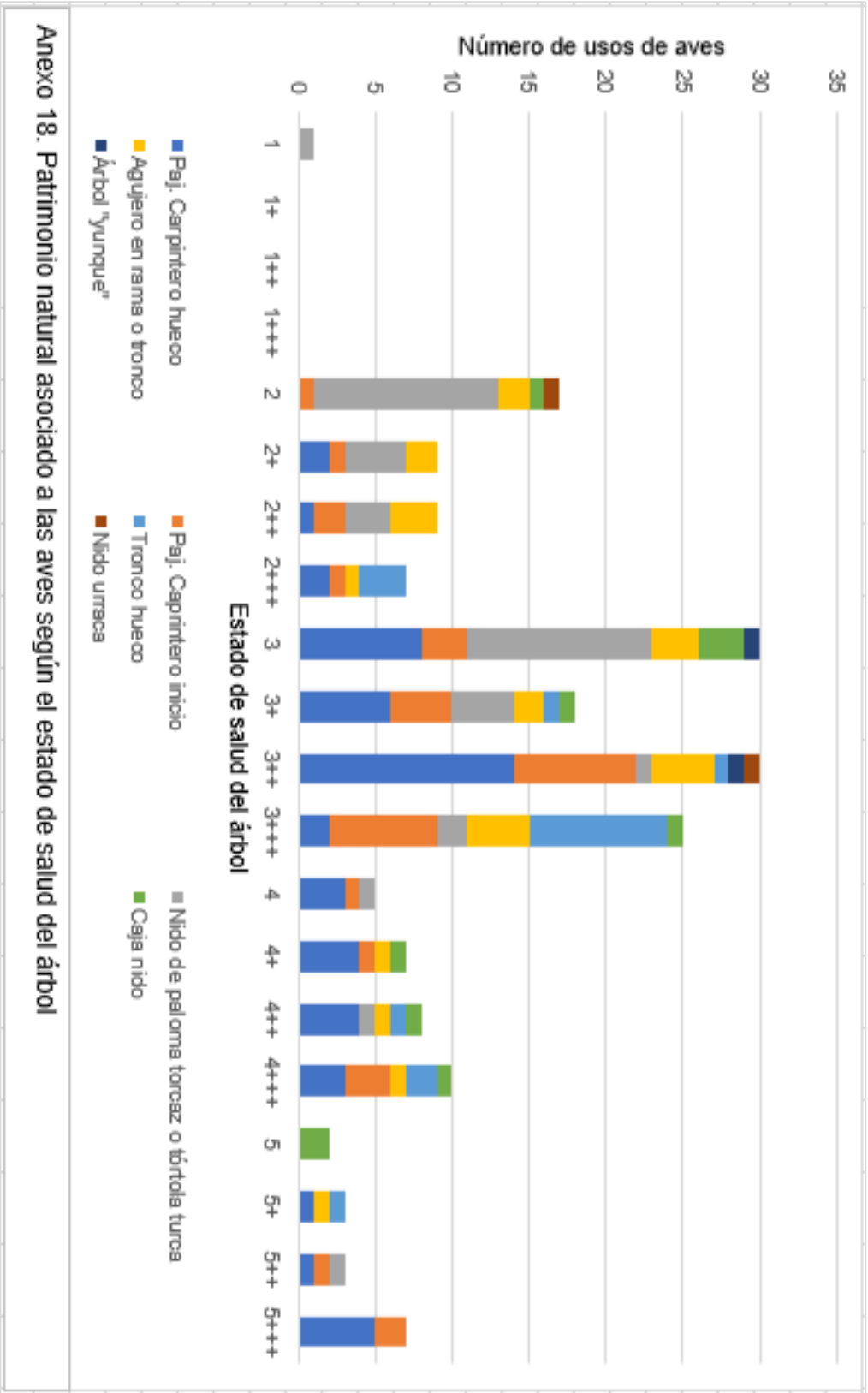
Estado de salud	Inonotus hispidus	Coprinus domesticus	Auricularia auricula-judae
1	0	0	0
2	21	0	0
3	40	2	1
4	4	1	0
5	1	1	0

Anexo 14. Patrimonio natural asociado a las aves encontrado en cada especie de árbol											
Especie de árbol	Caja nido	Paj. Carpintero hueco	Paj. Carpintero inicio	Nido de paloma torcaz*	Nido urraca	Hueco	Tronco hueco	Árbol yunque			
<i>Morus alba</i>	0	30	18	3	0	9	11	0			
<i>Ulmus pumila</i>	4	13	6	10	1	7	0	0			
<i>Robinia pseudoacacia</i>	7	8	10	12	0	7	6	2			
<i>Sophora japonica</i>	1	4	2	3	0	0	0	0			
<i>Melia azedarach</i>	0	3	2	0	0	0	0	0			
<i>Fraxinus americana</i>	0	1	0	1	0	1	0	0			
<i>Cupressus cashmeriana</i>	1	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Olea europaea</i>	0	0	0	1	0	0	0	0			
<i>Cedrus libani</i>	1	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Populus nigra</i>	1	1	0	2	0	1	0	0			
<i>Ficus carica</i>	0	0	0	2	0	0	0	0			



Anexo 16. Estado de salud por especie de árbol																										
Especie	1	1+	1++	1+++	2	2+	2++	2+++	3	3+	3++	3+++	4	4+	4++	4+++	5	5+	5++	5+++						
<i>Populus nigra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinus halepensis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Platanus hispanica</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ulmus pumila</i>	0	0	0	0	13	2	1	0	45	9	2	0	5	2	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Cupressus cashmeriana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cedrus libani</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Alnus altissima</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cupressus sempervirens</i>	0	0	0	0	3	2	0	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sophora japonica</i>	0	0	0	0	3	1	3	2	9	4	3	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Laurus nobilis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ligustrum lucidum</i>	0	0	0	0	4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Robinia pseudacacia</i>	2	0	0	0	8	6	6	4	19	26	21	23	2	9	13	12	5	12	8	15						
<i>Ficus carica</i>	2	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acer negundo</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Olea europaea</i>	1	0	0	0	6	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fraxinus americana</i>	0	0	0	0	0	4	2	0	1	3	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Morus alba</i>	0	0	0	0	3	7	10	6	1	11	39	23	3	4	2	13	0	0	0	5						
<i>Melia azedarach</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	4	3	2	1	2	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Prunus dulcis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Platanus orientalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 17. Patrimonio natural asociado a las aves según el estado de salud del árbol																				
Usos de aves	1	1+	1++	1+++	2	2+	2++	2+++	3	3+	3++	3+++	4	4+	4++	4+++	5	5+	5++	5+++
Nada	10	0	0	0	33	18	13	6	52	40	46	28	9	12	10	18	4	9	5	15
Paj. Carpintero hueco	0	0	0	0	0	2	1	2	8	6	14	2	3	4	4	3	0	1	1	5
Paj. Carpintero inicio	0	0	0	0	1	1	2	1	3	4	8	7	1	1	0	3	0	0	1	2
Nido de paloma torcaz²	1	0	0	0	12	4	3	0	12	4	1	2	1	0	1	0	0	0	1	0
Agujero en rama o tronco	0	0	0	0	2	2	3	1	3	2	4	4	0	1	1	1	0	1	0	0
Tronco hueco	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	1	9	0	0	1	2	0	1	0	0
Caja nido	0	0	0	0	1	0	0	0	3	1	0	1	0	1	1	1	2	0	0	0
Árbol "yunque"	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nido urraca	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Los pájaros carpinteros mostraron preferencia por la especie *M. alba* y rechazo por *R. pseudoacacia* para la construcción de sus agujeros tanto en el caso de los huecos terminados como en el caso de los inicios de hueco (Anexo 19). Las palomas torcaes y tórtolas turcas, por el contrario, mostraron preferencia por *U. pumila* y algo menos por *S. japónica*, y mostraron un claro rechazo por *M. alba*.

Anexo 19. Preferencia de las aves por las especies de árbol (Índice de Ivlev) (solo se muestran las especies arbóreas que presentan un número significativo de ejemplares dentro del Campus Externo). Se remarcan los valores del índice superiores a ± 0.4 .

Especie	Paj carpintero hueco	Paj. Carpintero inicio	Nido de paloma torcaz o tórtola turca
<i>Robinia pseudoacacia</i>	-0,47	-0,17	-0,04
<i>Morus alba</i>	0,34	0,32	-0,48
<i>Ulmus pumila</i>	0,15	-0,01	0,28
<i>Sophora japonica</i>	0,06	-0,06	0,18
<i>Fraxinus americana</i>	-0,35		-0,10
<i>Melia azedarach</i>	0,18	0,21	

Los pájaros carpinteros mostraron preferencia por los árboles con un estado de salud de categoría 4 (ver Tabla 2) y rechazo por aquellos con un estado de salud mejor (estado de salud 2) en el caso de los huecos terminados (Anexo 20). Sin embargo, los inicios de huecos de pájaro carpintero presentaron un marcado rechazo por los árboles con un estado de salud 4, y no se observa preferencia por ninguno. Para la anidación, la paloma torcaz o tórtola turca presentaron preferencia por los árboles de estado de salud 2, y un claro rechazo por los de estado de salud peores (estado de salud 4).

Anexo 20. Preferencia del pájaro carpintero, paloma torcaz y tórtola turca por el estado de salud de los árboles (Índice de Ivlev) (solo se muestran las especies arbóreas que presentan un número significativo de ejemplares dentro del Campus Externo). Se remarcan los valores superiores a ± 0.4 .

Estado de salud	Paj carpintero hueco	Paj. Carpintero inicio	Nido de paloma torcaz o tórtola turca
1			0,06
2	-0,42	-0,20	0,35
3	0,02	0,10	-0,07
4	0,30	-0,45	-0,52
5	0,15	-0,04	0,15

El pájaro carpintero mostró preferencia, tanto para realizar huecos como para sus inicios, por los árboles de alturas más bajas (de 3 a 6 metros) y rechazo por los árboles más altos, sobre todo aquellos de más de 9 metros (Anexo 21). Ocurre lo contrario con la preferencia de la paloma torcaes y tórtola turca para anidar, ya que estas especies prefieren claramente árboles más altos (de más de 9 metros) y rechazan los árboles más bajos (de 3 a 6 metros).

Anexo 21. Preferencia de las aves por árboles viejos según su rango de altura (Índice de Ivlev) (sólo se muestran las especies arbóreas que presentan un número significativo de ejemplares dentro del Campus Externo). Se remarcan los valores del índice superiores a ± 0.4 .

Altura (m)	Paj carpintero hueco	Paj. Carpintero inicio	Nido de paloma torcaz o tórtola turca
3-6	0,12	0,23	-0,31
6-9	-0,08	-0,31	-0,01
9+	-0,36	-0,33	0,49

Se observó un marcado rechazo de la especie de hongo *Inonotus hispidus* por la especie arbórea *R. pseudoacacia*, y destaca la preferencia de este hongo por las especies *P. alba*, *P. nigra*, *S. japónica* y *M. alba*, de mayor a menor preferencia (Anexo 22). Las otras dos especies de hongos mostraron total preferencia por la *R. pseudoacacia*.

Anexo 22. Preferencia de las distintas especies de hongos por cada especie arbórea (Índice de Ivlev). Se remarcan los valores superiores a ± 0.4 .

Especie de árbol	Inonotus hispidus	Coprinus domesticus	Auricularia auricula-judae
<i>Robinia pseudoacacia</i>	-0,85	0,46	0,46
<i>Morus alba</i>	0,41		
<i>Ulmus pumila</i>	-0,08		
<i>Sophora japonica</i>	0,53		
<i>Populus nigra</i>	0,68		

En cuanto a la preferencia de los hongos por los estados de salud de los árboles, destaca el rechazo de la especie *Inonotus hispidus* por los árboles más deteriorados (categoría de salud 4 y 5) (Anexo 23). Los hongos de la especie *Coprinus domesticus* mostraron preferencia por los árboles de peor estado de salud (categorías 4 y 5), y la especie *Auricularia auricula-judae* por árboles de un estado de salud medio (categoría 3).

Anexo 23. Preferencia de las distintas especies de hongos por cada árbol viejo según su categoría de estado de salud (Índice de Ivlev). Se remarcan los valores superiores a ± 0.4 .

Estado de salud	<i>Inonotus hispidus</i>	<i>Coprinus domesticus</i>	<i>Auricularia auricula-judae</i>
1			
2	0,19		
3	0,08	-0,02	0,32
4	-0,43	0,24	
5	-0,72	0,46	

Imágenes y fotos:



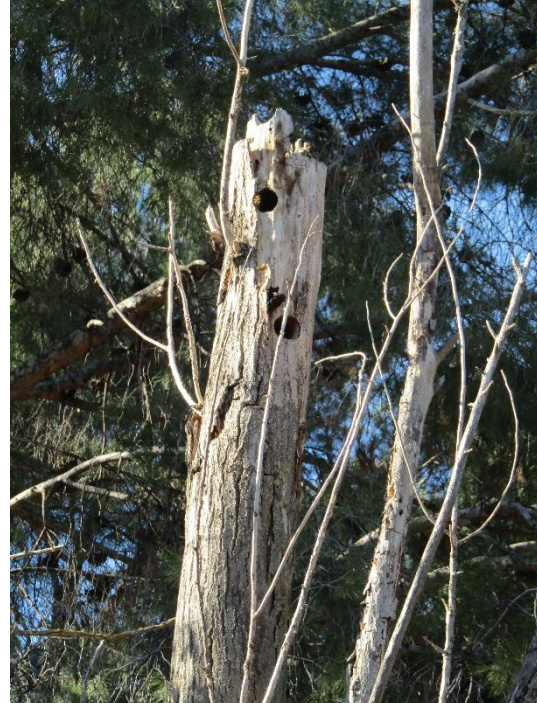
Anexo 24. *Eucalyptus camaldulensis*.
(10/12/2017)



Anexo 25. *Cupressus sempervirens*.
(10/12/2017)



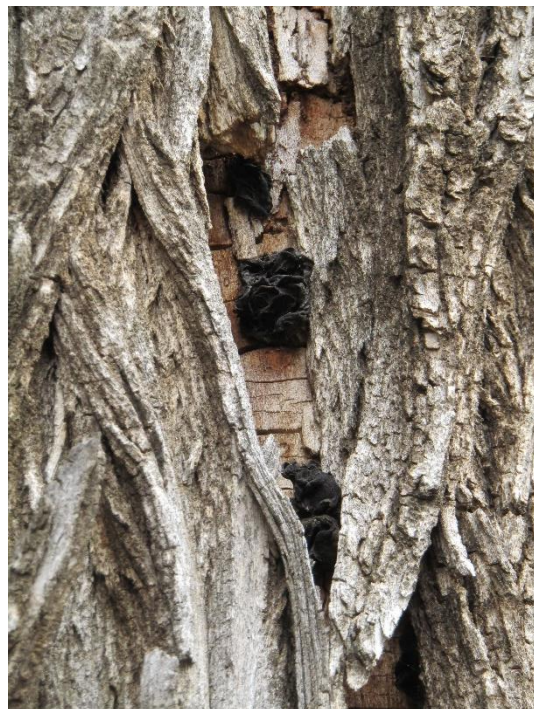
Anexo 26. Hueco formado por un pájaro carpintero en *Morus alba*. (15/03/2018)



Anexo 27. Hueco formado por un pájaro carpintero en *Robinia pseudoacacia*.
(10/12/2017)



Anexo 28. *Cedrus libani*. (10/12/2017)



Anexo 29. *Auricularia auricula-judae* en *Robinia pseudoacacia*. (01/06/2018)



Anexo 30. *Populus nigra*. (10/12/2017)



Anexo 31. *Ulmus pumila*. (10/12/2017)



Anexo 32. Hongo *Inonotus hispidus* en *Populus nigra* (10/12/2017)



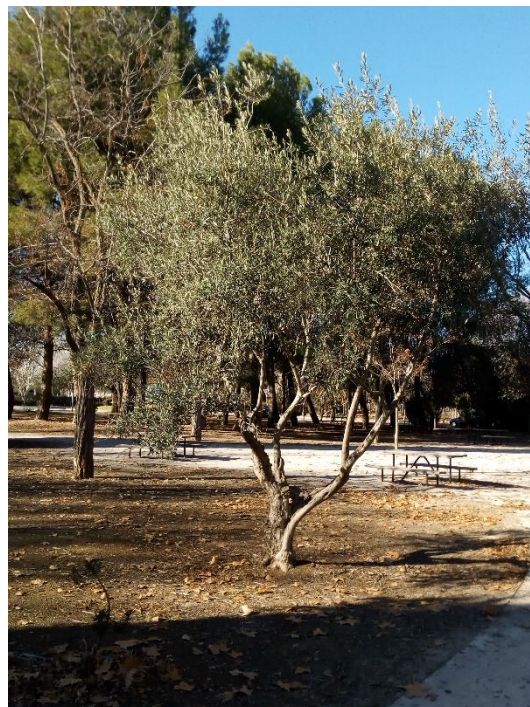
Anexo 33. Hongo *Inonotus hispidus* en *Morus alba* (10/12/2017)



Anexo 34. *Pinus halepensis*. (10/12/2017)



Anexo 35. *Ulmus pumila*. (10/12/2017)



Anexo 36. *Olea europaea*. (10/12/2017)



Anexo 37. Agujero formado en *Robinia pseudoacacia*. (10/12/2017)



Anexo 38. Gran agujero formado en *Robinia pseudoacacia*. (10/12/2017)



Anexo 39. Pico picapinos (*Dendrocopos major*) en *Robinia pseudoacacia*. (10/12/2017)



Anexo 40. Agujero en el tronco de *Morus alba*. (10/12/2017)



Anexo 41. Hueco de picapinos en *Melia azedarach*. (01/06/2018)



Anexo 42. Nido de paloma torcaz o tórtola turca en *Populus nigra*. (01/06/2018)



Anexo 43. *Coprinus domesticus* en *Robinia pseudoacacia*. (01/06/2018)



Anexo 44. Caída de rama de *Robinia pseudoacacia*. (01/06/2018)



Anexo 45. Caída de rama de *Robinia pseudoacacia*. (01/06/2018)